

УДК 533.692

ВЛИЯНИЕ ВЫРАВНИВАНИЯ ХОРДОВОЙ
ДИАГРАММЫ НА ФОРМУ КРЫЛОВОГО ПРОФИЛЯ.*А. Г. Лабуткин, Р. Б. Салимов*

Аннотация

Методом последовательных приближений решается задача об определении формы крылового профиля, обтекаемого потенциальным потоком несжимаемой невязкой жидкости, по заданной хордовой диаграмме распределения скорости, когда точка разветвления потока находится на нижней поверхности профиля. Для сходимости последовательных приближений было проинтегрировано известное уравнение Тумашева-Нужина, устанавливающее соответствие точек при конформном отображении внешности профиля на внешность единичного круга. Выполнены числовые расчеты, которые показывают эффективность метода. Рассмотрен пример, в котором удалось уменьшить пик скорости на верхней поверхности профиля.

Ключевые слова: крыловой профиль, хордовая диаграмма, пик скорости.

Пусть на профиле L_z распределение величины скорости v по его контуру задано в виде хордовой диаграммы: $v = v(x) = f_1(x), 0 \leq x \leq l$, на верхней поверхности профиля, $v = v(x) = f_2(x), 0 \leq x \leq l$, - на его нижней поверхности. Случай, когда точка разветвления потока находится в носике профиля (при $x = l$) рассмотрен в работе [1]. Пусть точка разветвления потока находится в т. A_1 (при $x = x_1, 0 < x_1 < l$) на нижней поверхности профиля, а точка схода потока находится в т. B_1 (при $x = 0$). Предполагая, что на профиле функция тока $\psi = 0$ и в точке разветвления $\varphi(x_1) = 0$, для потенциала скорости будем иметь:

$$\varphi(x) = \int_l^x f_1(x) \frac{ds}{dx} dx + \int_{x_1}^l f_2(x) \frac{ds}{dx} dx$$

на верхней поверхности,

$$\varphi(x) = \int_x^{x_1} f_2(x) \frac{ds}{dx} dx, (0 \leq x \leq x_1), \varphi(x) = \int_{x_1}^x f_2(x) \frac{ds}{dx} dx, (x_1 \leq x \leq l)$$

на нижней поверхности. Здесь $s = s(x)$ - длина дуги профиля, отсчитываемая от точки разветвления потока в направлении, при котором область течения остается справа.

Введем обозначения:

$$\varphi_B = \int_l^0 f_1(x) \frac{ds}{dx} dx + \int_{x_1}^l f_2(x) \frac{ds}{dx} dx, \varphi_H = \int_0^{x_1} f_2(x) \frac{ds}{dx} dx,$$

В дальнейшем воспользуемся методом и формулами, предложенными в работе [1]. Только здесь при нахождении функции $x(\gamma) = x^{(1)}(\gamma)$ уравнение ([2], с. 49-50)

$$\varphi(x) = -2U_0 \cos \gamma + \frac{\Gamma}{2\pi} \gamma + C$$

предварительно проинтегрируем от 0 до x . Получим

$$\int_0^x \varphi(x) dx = -2U_0(\sin \gamma - \sin \gamma_1) + \Gamma(\gamma^2 - (\pi + \gamma_1)^2)/(4\pi) - C_0(\gamma + \pi + \gamma_1) \quad (1)$$

Здесь мы учли, что значению $x = 0$ на нижней поверхности соответствует $\gamma = -\pi - \gamma_1$. Задавая x , из уравнения (1), определим γ , т.е. найдем функцию $\gamma(x)$ или $x(\gamma)$.

Были проведены числовые расчёты для случая, когда в качестве исходного профиля был выбран 10% эллипс с точкой разветвления на нижней поверхности при $x = 0.75$. С этого профиля была снята хордовая диаграмма. Максимальное значение скорости достигалось в "носике" профиля при $x = 1.0$ и было равно 10.96 при скорости потока на бесконечности равном 1.0. Это значение было уменьшено до 8.0 в новой хордовой диаграмме, которая была принята в качестве исходной в числовом расчёте. Получен новый профиль, отличающийся от эллипса, причём на нижней поверхности в районе точки разветвления образовалась небольшая выемка. Дальнейшее уменьшение пика скорости привело к неоднолистности профиля.

Summary

A. G. Labutkin, R. B. Salimov. Influence of smoothing of chord diagram on the form of airfoil. The problem of determine of the shape of airfoil, which flows about potential flow of an incompressible inviscid fluid by given chord diagram of velocity distribution when the point of branching of flow is on the lower surface of the airfoil. For convergence of successive approximations the known Tumashev-Nujin equation, which establishes a correspondence between points in the conformal map from exterior of airfoil to exterior of circle disk, was integrated. Numeric computations which show efficiency of method are carried out. The problem in case when it was possible to reduce peak of speed of upper surface of airfoil considered.

Key words: airfoil, chord diagram, peak of speed.

Литература

1. Салимов Р. Б., Лабуткин А. Г. Метод построения крылового профиля по заданной хордовой диаграмме распределения скорости. // Изв. вузов. Авиационная техника. - 2009.- № 3.- С. 22-24.
2. Тумашев Г. Г., Нужин М. Т. Обратные краевые задачи и их приложения.- Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1965.- 333 с.

Лабуткин Александр Григорьевич – канд. физ.-мат. наук, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, доцент кафедры высшей математики. E-mail: *labutkin.50@mail.ru*.

Салимов Расих Бахтигареевич – доктор физ.-мат наук, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, профессор кафедры высшей математики. E-mail: *salimov@5354.ru*.